

VERGLEICHENDE HÄRTEMESSUNGEN
AN SUPRAGINGIVALEM ZAHNSTEIN UND KONKREMENTEN

von

INGEBORG LENZEN geb. Günther

1968

Aus der Konservierenden Abteilung (Leiter: Prof. Dr. Dr. W. Ketterl)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Prof. Dr. F. Jung)
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

VERGLEICHENDE HÄRTEMESSUNGEN
AN SUPRAGINGIVALEM ZAHNSTEIN UND KONKREMENTEN

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

INGEBORG LENZEN geb. Günther
aus Neumarkt/Schlesien

MAINZ 1968

Dekan: Prof. Dr. L. Diethelm
Referent: Prof. Dr. Dr. P. Riethe
Korreferent: Prof. Dr. Dr. W. Ketterl
Tag der mündlichen Prüfung: 3. Februar 1968



Gesamtherstellung:

Ditters Bürodienst Mainz

MEINEN ELTERN
IN DANKBARKEIT GEWIDMET

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
A. Einleitung	1
B. Material und Technik	6
C. Ergebnisse	10
D. Diskussion	38
E. Zusammenfassung	40
F. Literaturverzeichnis	41

A. EINLEITUNG

Während der Zahnstein Gegenstand zahlreicher Untersuchungen in histologischer, mineralogischer, bakteriologischer und chemischer Sicht ist, finden wir im Schrifttum kaum Angaben über seine physikalischen Eigenschaften. Die vorliegende Arbeit versucht die Härte des supragingivalen Zahnsteins und der Konkremeute zu messen, um zu beurteilen, ob zwischen beiden Ablagerungen wesentliche Unterschiede hinsichtlich der Härte auftreten.

Nach J. Höhling und E. u. M. Wannenmacher (1962) unterteilt man den Zahnstein nach topografischen Gesichtspunkten in Supra- und Subgingivalen. Beide Zahnsteinarten weisen Unterschiede hinsichtlich Härte und Farbe auf, jedoch sind sie chemisch gleichartig (A. Martiny, 1939). Mikroskopisch besteht zwischen beiden Ablagerungen kein Unterschied. W. Lehr (1939) unterteilt nach Sitz, Aussehen und der feineren organischen Grundsubstanz in supragingivalen und subgingivalen Zahnstein, letzteren nennt er Konkrement. Hinsichtlich des Aussehens spricht W. D. Miller (1903) von weißem oder weiß-gelbem Zahnstein und grünlichem, grün-schwarzem, grün-gelbem bis grün-braunem Konkrement. Ersterer liegt im zahnsteinaktiven Gebiet, d.h. vornehmlich dort, wo Speicheldrüsen sich in den Mund entleeren; letzterer lagert sich ringförmig am Zahnhals subgingival ab. B. J. Orban (1965) unterscheidet zwischen supramarginalen und submarginalen Arten der verkalkten Ablagerungen, wobei der supramarginale Zahnstein gewöhnlich rahmweiß oder gelblich gefärbt ist und submarginale Ablagerungen gewöhnlich dunkelbraun erscheinen.

Die Angaben über die Entstehung des Zahnsteins sind sehr mannigfaltig. In der zusammenfassenden Darstellung nach B. J. Orban (1965) stellt sich die moderne Auffassung über die Zahnsteinbildung wie folgt dar: Die Zahnsteinentstehung kann in zwei Phasen eingeteilt werden. Die Befestigungs- oder Zahnsteinvorphase und die Phase des Niederschlags anorganischer Salze und der Kristallisation. Während der Befestigungsphase bildet sich eine organische Ablagerung auf der darunterliegenden Struktur, und in der Kristallisationsphase werden anorganische Salze in das organische Gerüst eingelagert. Neuere Theorien teilen sich in der Auffassung, der Stoffwechsel der haftenden Bakterien und besonders das Enzym Phosphatase sei für die Ablagerung anorganischer Salze in bakterielle Nester an der Zahnoberfläche verantwortlich (in mit lebenden fadenförmigen Mikroorganismen beimpftem sterilem Speichel treten zahnsteinähnliche kalkhaltige Massen auf) oder andererseits bewirke der Aus-

tritt von CO_2 aus dem Speichel zur Zeit seiner Exkretion die Zahnsteinbildung. Nach der ersten Theorie sollen die Keime durch ihren normalen Stoffwechsel Milieuveränderungen verursachen, die zur Ablagerung von Calciumsalzen führen und nach der "CO₂-Verlust"-Theorie könnte die Ablagerung von anorganischen Salzen in einem Druckgefälle zwischen CO₂-Druck in den Ausführungsgängen und CO₂-Druck der atmosphärischen Luft begründet sein. Der aus den Speichelgängen austretende Speichel gibt CO₂ an die Atmosphäre ab, dadurch steigt das Speichel-pH (abhängig vom Verhältnis gebundener zu freier Kohlensäure). Da bei einer solchen Steigerung der Alkalität auch die Dissoziation der Phosphorsäure zunimmt, erhöht sich die Konzentration der weniger löslichen sekundären und tertiären Phosphationen. Es wird nun angenommen, daß diese Anhäufung von Phosphationen zur Ausfällung der Salze aus der Lösung führt, da der Hydroxylapatit nicht mehr in Lösung gehalten werden kann. Eine weitere Theorie stellt die Möglichkeit dar, daß die Zahnsteinbildung durch Kohlehydrat-Protein-Komplexe eingeleitet werden kann. Diese Kohlehydrat-Protein-Komplexe sollen das Calcium chelieren, wobei ein Calcium-Mucoid-Chelat entsteht, welches wiederum als Kern für die Kristallisation des Hydroxylapatit gelten kann.

In jüngster Zeit hat M. Wannenmacher (1964) einen Überblick über die Genese des Zahnsteins gegeben. Danach geben H. Mathis (1948), J. Traube, K. Skumburdis und V. Goldberg (1932) und H. Sachs (1914) als Grundlage für den Zahnsteinansatz eine organische Matrix an. Darauf entstehen Ablagerungen durch die Einwirkung faseriger Mikroorganismen, die man Filamente nennt und die gleichzeitig die erste Schicht bilden (C. Naeslund, 1925 und H. R. Mühlemann, 1959). H. A. Zander, St. P. Hazen und D. W. Scott (1960), H. R. Mühlemann und U. K. Schneider (1959), I. D. Mandel, B. M. Levy und B. H. Wassermann (1958), H. E. Schröder, H. Lenz und H. R. Mühlemann (1964) und J. Höhling (1962) haben nachgewiesen, daß diese erste Ablagerungsschicht aus Bakterien hauptsächlich aus Kokken besteht. Nach H. A. Zander (1960) dient die Epithelkutikula als Anhaftungsfläche. Außerdem können unebene Zahnoberflächen nach H. A. Zander (1960) und J. Wolf (1943/44) ebenfalls als Anhaftungsflächen dienen.

Diese organische Grundlage wird nun verkalkt. Durch Abrauchen von Kohlendioxyd aus dem Speichel kommt es zu einem Ausfall der Kalksalze (E. Wannenmacher, 1964). J. Wolf (1943/44) und E. Heymann (1925) haben nachgewiesen, daß sich die Kalksalze des Speichels durch Verlust ihrer Schutzkolloide ablagern. Nach H. Sachs (1914) fallen die Salze schnell aus, weil der Speichel in der Regel eine übersättigte metastabile Kalklösung darstellt.

H. A. Barthels (1950) hat gefunden, daß die Zahnsteinquantität bzw. -ablagierung vom Ammoniumgehalt des Speichels abhängig ist. H. Mathis (1948) erblickt - ähnlich der Flockungstheorie nach J. Traube - als Voraussetzung jeglicher Konkrementbildung in der Mundhöhle das Vorhandensein eines Koagels, das im besonderen Fall im wesentlichen aus Speichereiweiß oder Serumeiweiß (Exsudat der Zahnfleischtasche) nebst Bakterien und Speiseresten besteht. Dieses Koagel soll nun durch den Vorgang der Synhärese schrumpfen und härter werden, genau wie dies an den verschiedensten Gelen im Laboratoriumsversuch gezeigt worden ist. Somit kommt er zu der Auffassung, daß die Zahnsteinbildung sich in zwei Stufen vollziehen muß: der Bildung eines weichen Belages und der Synhärese mit Einlagerung mineralischer Bestandteile.

Hinsichtlich der Mineralogie des Zahnsteins konnte H. Mathis (1948) anhand von Interferenzbildern und Röntgendiagrammen nachweisen, daß der Zahnstein schalig aufgebaut ist, wobei vorherrschend faserige Strukturen im allgemeinen senkrecht zur Oberfläche der Schichten verlaufen. Er wies weiter nach, daß das kristallisierte Phosphatmineral des Zahnsteins ein Apatit sein muß. Nur einmal konnte er ein anderes Phosphatmineral "den Brushit" und einmal reines Tricalciumphosphat finden. Untersuchungen von H. J. Höhling und F. Güllenstein (1962) ergaben, daß die Bauelemente im Konkrement nicht so innig miteinander verbunden sind wie im Zahnstein. Die Beobachtung elektronenmikroskopischer Schnittbilder ließ zahlenmäßig mehr Einkristalle in den Konkrementen erkennen. Im Zahnstein hingegen finden sich mehr mineralisierte Bakterien. Die initiale Mineralisierung der organischen Matrix geht anscheinend von den kugelförmig erscheinenden Mikroorganismen aus (J. Vahl, H. J. Höhling, F. Güllenstein und E. Wannenmacher, 1964). H. Seifert (1961) wies eine Kristallkeimbildung im Bereich der mucinen, eiweißhaltigen Zwischensubstanz zwischen den Bakterien nach. Schon nach 21 Stunden ließ sich eine kristalline Substanz auf der Zahnsteinmatrix feststellen. Die Ablagerung der Apatitkristalle an der Bakterienmembran war gerichtet. Er nennt dies eine "Kristallbildung nach dem Matrizensystem". H. E. Schroeder (1963) hat nachgewiesen, daß in den Zentren der anfänglich weichen Beläge amorphe oder kristalline Kalksalze eingelagert sind. Rasch erfolgender struktureller Plaqueumbau wird von sehr frühem Auftreten doppelbrechender, in den Zentren liegender Partikel begleitet.

Untersuchungen hinsichtlich der Chemie des Zahnsteins haben G. E. Glock und M. M. Murray (1938) angestellt. Nach ihrer Analyse besteht der Zahnstein zu 82,9% (79,7% Ca- und Mg-Phosphate und 3,2% Ca-Carbonat) aus anorganischen Bestandteilen. Die 10,74% organischen Bestandteile setzen sich

aus 8,34% Eiweißstoffen (Keratin, Mucin, Nucleoproteide oder Nucleinsäure) und 2,7% Fett zusammen. Außerdem enthält der Zahnstein H_2O , andere Salze, Spurenelemente, spektral-analytisch geringe Mengen Cu, Ag, Na, Sn und Spuren von Zn, Al, Ba, Sr und wahrscheinlich Cr. A. T. Jensen und M. Danø (1954) fanden als weitaus stärksten Anteil im Zahnstein den Whitlockit, dann Apatit und Brushit. Abhängig ist der jeweilige Anteil der Kristalle vom jeweiligen pH des Speichels. Whitlockit fand sich mehr im subgingivalen Zahnstein. Hier ist der Sättigungsgrad des Apatit geringer, was die genannten Autoren auf säureproduzierende Fermente zurückführen. K. Tonogai und N. Sakunda (1957) wiesen röntgenanalytisch Zink, Nickel, Strontium, Barium und Spuren von Cobalt, Magnesium und Eisen nach.

H. E. Schröder (1963) fand, daß mit der Belagsbildung eine Zunahme der Aschen-, Phosphat- und Calciumgehalte bis zum 12. Tage einhergehen. E. H. Urbantschitsch (1932) fand in subgingivalen Konkrementen und supragingivalem Zahnstein Metabrushit, ein Calciumphosphatmineral, jedoch lag bei letzterem noch keine Mineralisation vor. H. E. Schröder, E. Müller und H. R. Mühlmann (1963) bewiesen, daß die Anwesenheit von Natriumphosphat frühe Zahnsteinbildung auslöst. Dagegen zeigt Natriumfluorid keine Wirkung auf die Belagsbildung. H. Mathis (1948) fertigte Schiffe von supragingivalem Zahnstein an und wies röntgenologisch Hydroxylapatit nach, außerdem aber auch kristallisierten Metabrushit und in geringen Mengen ein amorphes Calciumphosphat und -carbonat. J. Wolf (1943/44) glaubt die Beteiligung von organischer Matrix an der Kristallisation ausschließen zu können. Er fand auf angeätzten Schmelzflächen zuerst einen Niederschlag von globulärem Kalk, dessen Umwandlung zu Hydroxylapatit sich allmählich vollzieht. W. D. Miller (1903) konnte zu 75% anorganische Bestandteile im Zahnstein nachweisen: Kalksalze mit Spuren von Eisenphosphat, Kieselsäure und z. T. ganz geringe Spuren von Harnsäure und harnsauren Salzen. S. W. Leung und A. T. Jensen (1958) führen als Bestandteile des Zahnsteins organisches Material, Wasser und anorganische Salze auf, wobei Wasser und organisches Material zwischen 10% und 30% schwanken können und die anorganischen Salze in der Hauptsache aus Calciumphosphaten mit wechselnden Anteilen von Magnesium und Carbonaten bestehen. U. Schneider (1959) stellte die Histochemie des Zahnsteins in engen Zusammenhang mit der Speichelchemie. Danach erscheint das Mucin als Matrix und Nährboden für die Mikroorganismen der Plaques und enthält u. a. Chondroitinschwefelsäure. Nach M. R. Dewar und I. G. J. Parfitt (1954) besteht die Kohlehydratfraktion des Speichelmucins aus:

- α- Glucosamin, 2 Acetylresten und Gluconsäure und
- α- Glucosamin, di - d- Mannose

Zur Frage der Beteiligung von Bakterien an der Zahnsteinbildung nimmt H. Mathis (1948) eine ablehnende Stellung ein und weist einen solchen Zusammenhang als Hypothese zurück. Hingegen beginnt nach H. R. Mühlemann und U. K. Schneider (1959) die supragingivale Zahnsteinbildung mit einem Kokkenrasen, in welchem nach drei bis fünf Tagen die Fadenbakterien immer vorherrschender werden. Nach U. Schneider (1959) ist die Bakteriologie der dentalen Plaques die Grundlage der Bakteriologie des Zahnsteins. J. Vahl, H. J. Höhling, F. Güllenstern und E. Wannenmacher (1964) fanden in Schnittbildern rundliche und längliche Schnitte von Bakterien. Es handelt sich nach ihren Angaben sowohl um kokken- als auch um stäbchenförmige Bakterien. Vereinzelt erkannten sie fadige Bakterienzellen, die zur logarithmischen Wachstumsrate gehören. Längliche Mikroorganismen waren häufig in Streifen gerichtet angeordnet, dazwischen lagen in entsprechender Orientierung kugelförmig erscheinende Bakterien, oder sie traten in Form von Nestern auf. H. E. Schröder, Th. M. Marthaler und H. R. Mühlemann (1962) behaupten, daß der früheste Zahnsteinbelag hauptsächlich aus grampositiven Kokken und/oder stäbchenförmigen Mikroorganismen besteht. Die histologische Struktur wandelt sich in zwei bis vier Tagen in ein fadenförmig erscheinendes Netz um, welches die kokken- und stäbchenförmigen Mikroorganismen überwächst. An diesem Punkt scheint nach obengenannten Autoren die Verkalkung zu beginnen. A. Martiny (1939) stellte im Gegensatz zu diesen Theorien die Behauptung auf und unterlegte sie, daß die Zahnsteinbildung - supra und subgingival - in direktem Zusammenhang mit der Entwicklung von Actinomyces- und Leptothrixvegetationen steht. Dabei stützte er sich auf C. Näslund (1925).

HÄRTEMESSUNGEN AM ZAHNSTEIN waren schon zu Beginn dieses Jahrhunderts Gegenstand von Untersuchungen. Allerdings wurden die Härtegrade nicht mathematisch exakt festgelegt, sondern mit "weich" oder "hart" bezeichnet. W. D. Miller (1903) erkannte, daß schnell abgelagerter Zahnstein weicher ist als langsam sich bildender, so daß man folglich "einen ziemlich starken Druck ausüben muß, um ihn mit dem Excavator vom Zahne abzusprengen". Ringförmige Ablagerungen unter dem Zahnsteinrand seien "außergewöhnlich hart".

H. Moral (1920) bezeichnete als das Charakteristikum des Zahnsteins, daß er "eine gewisse Härte besitze" im Gegensatz zu den Belägen. W. Lehr (1939) spricht nur von der Härte des subgingivalen Zahnsteins und der daraus folgenden anderen Behandlung zur Beseitigung. H. H. Rebel (1954) unterscheidet den Zahnstein nach Härte und Farbe in weichen und harten Zahnstein und erklärt, daß chemische Analysen keinen Hinweis auf die Ursache der Härte oder Weiche

geben. Er nimmt an, daß der Härtegrad in Abhängigkeit von der Wachstums-schnelligkeit, vom Alter des Zahnsteins, von der Menge und wohl auch der Art der Zwischenlagerung organischer Materie steht. S. W. Leung und A. T. Jensen (1958) wiesen nach, daß alter ausgereifter Zahnstein in der Mohsschen Härteskala zwischen drei und fünf steht. In frischem Zahnstein ist die organische Komponente stärker. Seine Härte ist entsprechend geringer, Mohssche Härteskala zwei bis vier.

R. G. Kesel (1961) vergleicht den Zahnstein mit einem "steinähnlichen" Material. Nach J. Höhling und E. und M. Wannenmacher (1962) sind Festigkeit und Härte sehr variabel, abhängig von der quantitativen Zusammensetzung an organischen und anorganischen Bestandteilen. Aber auch von dem "Tempo" der Steinbildung sei die Härte abhängig.

Mit für heutige Verhältnisse einfachen Apparaturen versuchte Th. Wolf (1921) eine Druckfestigkeitsprüfung des Zahnsteins durchzuführen. Er bediente sich dabei eines von A. Kantorowicz konstruierten Apparates, der in groben Zügen der Arbeitsweise des in der vorliegenden Untersuchung benutzten "DURIMET" - Gerätes entspricht.

B. MATERIAL UND TECHNIK

Der untersuchte Zahnstein stammt von Probanden der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten, vornehmlich von Patienten der Konservierenden Abteilung. Bei der Auswahl der Patienten wurde Wert auf die Erfassung aller Altersstufen und beiderlei Geschlechts gelegt. Bei manchen Patienten konnte nur supragingivaler Zahnstein, bei anderen nur Konkreme, bei noch anderen schließlich beide Zahnsteinarten gewonnen werden. Letztere Gruppe bestand aus 31 Patienten, entsprechend 62 Zahnsteinproben oder 31 Paaren. Insgesamt wurden 50 subgingivale Konkreme und 50 supragingivale Zahnsteinproben untersucht.

Nach der mechanischen Entfernung des Zahnsteins mit herkömmlichen Instrumenten wurden die Proben im Speichel des jeweiligen Patienten in verschließbaren Glasröhrchen aufgehoben. Der Zahnstein wurde anschließend in kaltpolymerisierendem Kunststoff (PALADUR von der Fa. Kulzer) eingebettet. Die weitere Aufarbeitung des Untersuchungsmaterials geschah im DURIMET der Firma LEITZ. Die Voraussetzung dafür war das Vorliegen einer hochglanzpolierten Oberfläche des Zahnsteins, sowie eine ausreichende mechanische Verankerung in einer Trägersubstanz (PALADUR).

Die Kunststoffquader wurden auf rotierende Scheiben mit Siliciumcarbid, das mit Aqua dest. zu einem Brei vermischt wurde, geschliffen und poliert. Begonnen wurde mit einer Stahlscheibe und Siliciumcarbid ($\text{SiO}_2 + 3 \text{C} = \text{SiC} + 2 \text{CO}$) von der Korngröße 320, das etwa 40μ entspricht. Bei den folgenden Schleif- und Poliervorgängen wurde die Stahlscheibe durch Glasplatten ersetzt und nacheinander Siliciumcarbid von den Korngrößen 500 (ca. 20μ), 800 (ca. $6-4\mu$), 1000 (ca. 2μ) und schließlich 1200 (1μ) verwandt. Den Abschluß bildete eine Hochglanzpolitur mit einer Filzscheibe und Tonerde Nr. 2 (Al_2O_3) von $0,5\mu$ der Dujardin Werke, Düsseldorf. Der exakte Hochglanz wurde bei Lupenvergrößerung kontrolliert. Die in dieser Form vorliegenden Zahnsteinproben eigneten sich zur direkten Verarbeitung im DURIMET.

Der DURIMET ist ein optischer Präzisionsapparat, der es uns ermöglicht, den Abstand zweier Punkte in der Größenordnung weniger μ exakt auszumessen. Aus der Verbindung dieses mikroskopischen Teiles mit einem Härteprüfer ergibt sich die Möglichkeit, Härteprüfungen anzustellen. Beide Teile der Apparatur sind durch ein Steilgewinde an einer Säule beweglich befestigt. Diese Säule und ein Meßtisch, der mit Hilfe zweier Mikrometerschrauben, mit einem Meßbereich von je 25 mm in zwei Richtungen bewegt werden kann, sind an einem Stativ angebracht. Durch ein Grob- und Feingewinde kann eine Höhenverstellung des Mikroskopes bis zu 150 mm vorgenommen werden. An dem Mikroskop ist ein Feinmeßokular, ein Suchobjektiv (10-fache Vergrößerung), das einen Sehfelddurchmesser von 1,8 mm zuläßt und ein Meßobjektiv (40-fache Vergrößerung) mit einem Sehfelddurchmesser von 0,45 mm. Das Okular ist um 45° nach vorne geneigt, um eine bessere Arbeitsmöglichkeit zu gewährleisten und ist nach dem Lösen einer Klemmschraube um 90° zu drehen. Durch eine weitere Einstellschraube kann das Feinmeßokular geteilt werden. Das Suchobjektiv, das Meßobjektiv und der Härteprüfer sind an einer schwenkbaren Scheibe befestigt, so daß man leicht z. B. vom Diamanten auf das Übersichtsobjektiv oder das Einstellobjektiv umwechseln kann. Als Lichtquelle dient eine abnehmbare Glühlampe von 8 Volt und 0,6 Amp. Der Härteprüfer setzt sich zusammen aus einem vierseitigen pyramidenförmigen Diamanten, dessen Spitzenwinkel zwischen den einander gegenüberliegenden Pyramidenflächen 136° beträgt. Er erzeugt die Eindrücke, deren Tiefe gleich dem siebten Teil der Eindruckdiagonalen ist. Weiterhin gehören dazu ein Lasthebel mit einem Auflageteller für ein Gewicht, eine Ölbremse, die ein gleichmäßiges und langsames Eindringen des Diamanten bewirkt, ein Rändelknopf mit biegsamer Welle zum Hochheben des Eindringkörpers. Im Augenblick der vollen Belastung wird die Bremsvorrichtung automatisch abgeschaltet. Die Einwirkungszeit des Diamanten auf das Prüfobjekt liegt zwischen 15 und 20 Sekunden (siehe Abb. 1).

Zu Abb. 1:

1. Feinmeßokular
2. Klemmschraube des Feinmeßokulars; nach Lösen dieser Schraube kann das Okular um seine Achse gedreht werden.
3. Einstellschraube für die Teilung des Feinmeßokulars
4. Einstellknopf zur Querverschiebung des Okulars
5. Einstellschraube zur Längsverschiebung des Okulars
6. eingebaute Beleuchtung mit Niedervoltglühlampe, abnehmbar
7. Index für Normalstellung des DURIMET
8. Triebknopf (Grobeinstellung) zur Höhenverstellung des DURIMET (Verstellbereich 40 mm)
9. Feineinstellung des DURIMET (Verstellbereich 14 mm)
10. Orientierungsteilung mit Noniusablesung für die Höheneinstellung des DURIMET
11. Klemmheber zur Arretierung des DURIMET-Oberteiles an der Säule
12. Rändelmutter zur Höhenverstellung des DURIMET-Oberteiles an der Säule (Verstellbereich 150 mm)
13. Säule
14. Rändelknopf mit biegsamer Welle zum Anheben des Eindringkörpers
15. Griffe zum Einschwenken von Objektiv oder Prüfdiamant
16. Rastfeder für das Wechseln von Übersichts- und Einstellobjektiv sowie des Diamanten
17. Prüfgewicht
18. Auflageteller für das Prüfgewicht
19. Meßobjektiv (Vergr. 400-fach, Sehfelddurchmesser 0,45 mm)
20. Prüfdiamant
21. Suchobjektiv (Vergr. 100-fach, Sehfelddurchmesser 1,8 mm)
22. Drahtauslöser
23. Auflagefläche für den Meßtisch
24. Feinmeßspindeln (Meßbereich 25 mm)
25. Meßtisch
26. Rändelschraube zum Einstellen der Absenkgeschwindigkeit des Diamanten
27. Deckel der Ölbremse mit Ölloch
28. Kolbenstange

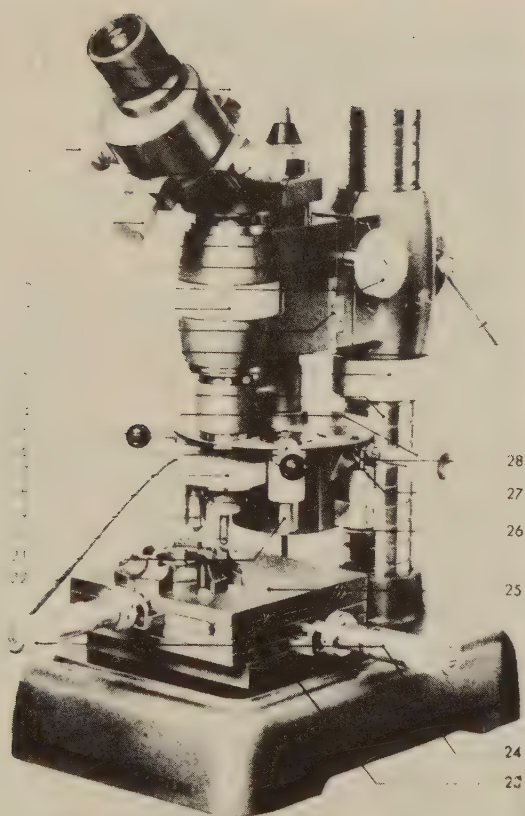
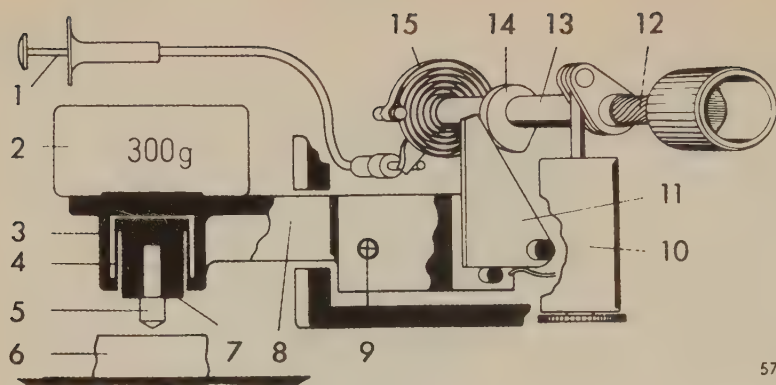


Abbildung 1



5766-72

Abb. 2: Schematische Darstellung der Härteprüfeinrichtung

- | | |
|--------------------|-------------------------------|
| 1 Drahtauslöser | 9 Schwenkachse des Lasthebels |
| 2 Gewicht | 10 Ölbremse |
| 3 Schutzfassung | 11 Zwischenhebel |
| 4 Stahldrähte | 12 Biegsame Welle |
| 5 Eindringkörper | 13 Kurvenwelle |
| 6 Objekt | 14 Kurve |
| 7 Diamanthalterung | 15 Feder |
| 8 Lasthebel | |

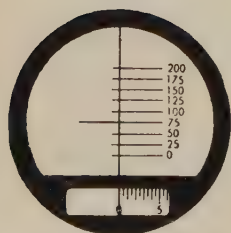
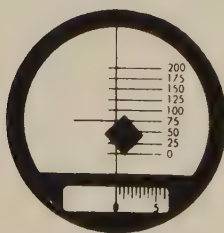
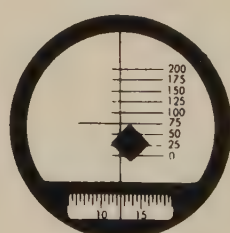


Bild 2
a) Grundeinstellung



b) Eindruck auf 0-Mark
eingestellt



c) Meßergebnis:
0,0875 mm (87,5 μ)

Abb. 3: Darstellung der Ausmessung einer Diagonalen.
Schwarze Raute = Eindruck im Prüfkörper, verursacht durch den Diamanten

Der durch den Diamanten gesetzte Eindruck wird ausgemessen mit dem Feinmeßokular, dessen beide Skalen (Einstell- und Meßskala) im Sehfeld angeordnet sind. Die Einstellskala besteht aus einem Fadenkreuz mit 9 horizontalen parallelen Strichen, die in einem Abstand von 25μ voneinander entfernt sind. Man kann auf ihr Grobwerte über 25μ ablesen. Die Meßskala ist in Teilstriche bis zu $0,5\mu$ unterteilt, so daß hier die Feinablesung bis $0,1\mu$ erfolgen kann.

Zur Durchführung der Messungen ist es unbedingt erforderlich, daß sich der DURIMET in horizontaler Aufstellung befindet, was mit Hilfe einer Dosenlibelle überprüft werden kann. Zur exakten Befestigung des zu messenden Objektes senkrecht zur Druckrichtung steht der Objektschraubstock der Firma LEITZ zur Verfügung, welcher um zwei Achsen neigbar, es auch gestattet, mit Hilfe einer Dosenlibelle das Untersuchungsobjekt genau horizontal einzustellen.

Bei Betrachtung des Übersichtsbildes wurden für die Härtemessung geeignet erscheinende Punkte ausgewählt. Als Prüfgewicht erschienen 75 Gramm als am besten geeignet für alle Meßvorgänge, da bei Vorversuchen darüber liegende Gewichte wegen der verwaschenen Konturen und darunter liegende Gewichte wegen zu kleiner Eindrücke verworfen werden mußten. Über einen Drahtauslöser wurde die vierseitige Diamantpyramide, die als Druckspitze dient, auf einen im Übersichtsbild ausgewählten Punkt gesenkt. Bei jeder Zahnsteinprobe wurden 5 Eindrücke auf diese Weise hervorgerufen, deren Diagonalen nach dem vorgenannten System ausgemessen und deren Mittelwerte bestimmt. Daraus wurde der Gesamtmittelwert errechnet, der in die Formel zur Berechnung der Vickertshärte eingeht. Die Vickertshärte ergibt sich aus:

P : Prüfkraft in Gramm

d : Länge der Eindrucksdiagonalen (gemessen in μ)

Die Vickertshärte wird nach folgender Formel bestimmt:

$$HV = \frac{1854,4 \times P}{d^2}$$

Die Meßgenauigkeit, die unter Beachtung aller Regeln (Erschütterungsfreiheit während sich die Diamantpyramide auf das Versuchsobjekt senkt) erreicht werden kann, ergibt sich bei kleinen Eindrücken in erster Linie aus dem Auflösungsvermögen der Optik und dem davon abhängigen kleinsten unvermeidlichen Einstellfehler. Dieser beträgt nach Angaben der Herstellerfirma LEITZ $\pm 0,2\mu$.

Für einen Eindruck von 10μ -Diagonale bedeutet das $\pm 2\%$ Fehler in der Diagonalen. Da diese mit dem Quadrat in die Härteberechnung eingeht, verdoppelt sich der Fehler um $\pm 4\%$ in der Härte. Bei größeren Eindrücken, wie das beim Zahnstein der Fall ist, verringert sich der Einfluß des Ablesefehlers entsprechend, so daß die mit dem DURIMET erreichbaren Fehlergrenzen oberhalb Diagonalen von 25μ bei $\pm 2-3\%$ liegen.

C. ERGEBNISSE

In den folgenden Tabellen wird der supragingivale Zahnstein mit A bezeichnet und die Serie fortlaufend numeriert. Die subgingivalen Konkreme werden entsprechend mit B gekennzeichnet.

Tabelle 1

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen	Mittelwert d. Diagon.	Summe der Diagonal- mittelwerte	GESAMT- MITTELWERT
A 1	42,9/42,4	42,65	215,35	43,07
	43,1/42,9	43,0		
	42,7/42,8	42,75		
	43,0/42,9	42,95		
	44,1/43,9	44,0		
A 2	43,2/43,0	43,1	209,55	41,91
	42,1/41,9	42,0		
	42,0/42,0	42,0		
	41,5/41,4	41,45		
	41,0/41,0	41,0		
A 3	51,5/51,3	51,4	252,10	50,42
	49,9/50,2	50,5		
	50,3/50,4	50,35		
	49,8/50,0	49,9		
	49,9/50,0	49,95		
A 4	41,5/41,7	41,6	203,05	40,61
	40,1/40,1	40,1		
	40,4/40,6	40,05		
	41,3/41,4	41,35		
	39,9/40,0	39,95		
A 5	49,2/49,0	49,2	248,00	49,60
	50,2/49,9	50,05		
	49,0/49,0	49,0		
	50,0/50,0	50,0		
	49,8/49,9	49,85		
A 6	41,4/41,6	41,5	211,40	42,28
	43,4/43,7	43,55		
	42,7/42,7	42,7		
	40,9/41,2	41,05		
	42,09/42,3	42,6		

Fortsetzung Tabelle 1:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen	Mittelwert d. Diagon.	Summe der Diagonal- mittelwerte	GESAMT- MITTELWERT
A 7	47, 3/47, 2	47, 25	233, 75	46, 75
	46, 9/47, 0	46, 95		
	45, 9/46, 3	46, 10		
	47, 4/47, 4	47, 40		
	45, 9/46, 2	46, 05		
A 8	43, 2/43, 3	43, 25	210, 25	42, 05
	40, 0/40, 0	40, 0		
	42, 9/43, 2	43, 05		
	43, 5/43, 1	43, 30		
	40, 5/40, 8	40, 65		

Tabelle 2

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen bei 5 Messungen	Mittelwert d. Diagon.	Summe der Diagonal- mittelwerte	GESAMT- MITTELWERT
A 9	46, 2/46, 8	46, 5	235, 85	47, 17
	49, 0/49, 0	49, 0		
	46, 7/46, 3	46, 5		
	47, 1/47, 2	47, 15		
	46, 5/46, 9	46, 7		
A 10	nicht verwertbar			
A 11	nicht verwertbar			
A 12	49, 2/49, 0	49, 1	223, 40	44, 65
	48, 3/48, 4	48, 35		
	41, 6/41, 7	41, 65		
	41, 4/41, 1	41, 25		
	43, 2/42, 9	43, 05		

Fortsetzung Tabelle 2:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen bei 5 Messungen	Mittelwert d. Diagon.	Summe der Diagonal- mittelwerte	GESAMT- MITTELWERT
A 13	49,2/48,9	49,05	249,85	49,97
	50,0/50,0	50,0		
	50,0/50,0	50,0		
	48,9/48,7	48,8		
	52,1/51,9	52,0		
A 14	49,8/50,0	49,9	246,50	49,30
	50,0/50,0	50,0		
	48,6/48,5	48,55		
	49,0/49,2	49,10		
	48,9/49,0	48,95		
A 15	49,4/49,0	49,2	248,20	49,64
	50,0/50,0	50,0		
	49,8/49,5	49,65		
	47,5/47,2	47,35		
	51,9/52,1	52,0		
A 16	43,2/43,4	43,3	214,80	42,96
	42,9/43,3	43,1		
	43,5/43,4	43,45		
	40,9/41,0	40,95		
	44,5/43,5	44,0		
A 17	43,2/43,4	43,3	221,65	44,33
	44,1/44,6	44,35		
	45,3/45,8	45,55		
	42,5/42,9	42,70		
	45,6/45,9	45,75		

Tabelle 3

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonal- Mittelwerte	GESAMT- MITTEL- WERT
A 18	48,2/47,6	47,90	235,95	47,19
	47,2/47,6	47,40		
	45,9/46,0	45,95		
	48,3/48,4	48,35		
	46,6/46,1			
A 19	nicht verwertbar			
A 20	49,8/49,9	49,85	242,45	48,49
	45,7/46,0	45,85		
	48,8/49,0	48,90		
	48,7/48,6	48,65		
	49,1/49,3	49,20		
A 21	51,4/51,6	51,5	260,45	52,09
	52,4/52,4	52,4		
	52,2/52,3	52,25		
	52,3/52,4	52,35		
	51,9/52,0	51,95		
A 22	47,8/48,0	47,9	239,1	47,82
	47,4/47,4	47,4		
	48,9/48,9	48,9		
	47,0/47,2	47,1		
	47,7/47,9	47,8		
A 23	56,8/57,0	56,9	285,70	57,14
	55,2/55,6	55,4		
	58,6/58,3	58,45		
	57,8/57,3	57,55		
	57,5/57,3	57,4		
A 24	50,0/50,0	50,0	259,0	51,80
	52,0/52,1	52,05		
	53,0/52,9	52,95		
	52,0/52,0	52,0		
	51,9/52,1	52,0		

Fortsetzung Tabelle 3:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonal- Mittelwerte	GESAMT- MITTEL- WERT
A 25	50,0/50,6	50,3	241,50	48,30
	49,9/50,1	50,0		
	47,2/47,3	47,25		
	47,4/47,5	47,45		
	46,2/46,8			
A 26	46,2/46,4	46,3	229,80	45,96
	45,0/44,9	44,95		
	47,9/47,5	47,7		
	45,4/45,6	45,5		
	45,3/45,4	45,35		

Tabelle 4:

A 27	55,2/55,1	55,15	272,60	54,52
	54,9/55,0	54,95		
	54,2/54,2	54,20		
	54,1/54,0	54,05		
	54,3/54,2	54,25		
A 28	48,7/48,9	48,8	235,15	47,03
	45,2/45,2	45,2		
	48,2/48,2	48,2		
	46,6/46,6	46,6		
	46,2/46,5	46,35		
A 29	46,0/45,9	45,95	223,60	44,73
	44,0/44,1	44,05		
	44,0/44,0	44,0		
	45,0/44,9	44,95		
	44,4/44,9	44,65		
A 30	48,3/48,4	48,35	234,15	46,83
	47,0/47,1	47,05		
	47,2/46,9	47,05		
	46,9/46,9	46,90		
	44,8/44,8	44,80		

Fortsetzung Tabelle 4:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonal- Mittelwerte	GESAMT- MITTEL- WERT
A 31	46,5/46,7	46,6	230,15	46,05
	47,2/47,0	47,1		
	45,8/45,9	45,85		
	45,3/45,3	45,30		
	45,2/45,4	45,30		
A 32	45,6/45,8	45,7	231,20	46,25
	47,6/47,6	47,6		
	46,9/47,0	46,95		
	45,2/45,4	45,30		
	45,6/45,7	45,65		
A 33	47,3/47,5	47,4	235,35	47,07
	47,6/47,6	47,6		
	45,1/45,3	45,2		
	46,2/46,1	46,15		
	48,9/49,1	49,0		
A 34	45,0/44,9	44,95	225,75	45,15
	45,1/45,8	45,45		
	44,8/44,9	44,85		
	45,8/45,3	45,55		
	44,9/45,0	44,95		

Tabelle 5:

A 35	50,0/50,0	50,0	243,45	48,69
	46,7/46,8	46,75		
	50,0/50,0	50,0		
	49,9/50,0	49,95		
	46,7/46,8	46,75		

Fortsetzung Tabelle 5:

Zahnstein- proben	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonalen	GESAMT- MITTEL- WERT
A 36	46, 2/46, 3	46, 25	230, 45	46, 09
	45, 9/46, 0	45, 95		
	46, 0/46, 1	46, 05		
	45, 8/45, 3	45, 55		
	46, 8/46, 5	46, 65		
A 37	52, 0/52, 1	52, 05	254/45	50, 89
	50, 0/50, 0	50, 0		
	49, 4/49, 5	49, 45		
	51, 0/50, 9	50, 95		
	52, 0/52, 0	52, 0		
A 38	42, 6/42, 7	42, 65	221, 70	44, 34
	43, 4/43, 6	43, 50		
	45, 4/45, 2	45, 30		
	46, 1/46, 1	46, 1		
	44, 3/44, 0	44, 15		
A 39	47, 8/47, 9	47, 85	241, 40	48, 28
	49, 0/49, 1	49, 05		
	48, 3/48, 4	48, 35		
	48, 2/48, 2	48, 2		
	47, 9/48, 0	47, 95		
A 40	47, 5/47, 9	47, 70	240, 50	48, 10
	47, 4/47, 6	47, 50		
	48, 3/48, 4	48, 35		
	49, 0/49, 0	49, 0		
	47, 9/48, 0	47, 95		
A 41	53, 8/53, 5	53, 65	255, 80	51, 16
	50, 1/50, 2	50, 15		
	53, 0/53, 1	53, 05		
	50, 0/50, 0	50, 0		
	48, 9/49, 0	48, 95		

Fortsetzung Tabelle 5:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonalen	GESAMT- MITTEL- WERT
A 42	54,9/55,0	54,95	265,15	53,03
	53,2/53,1	53,15		
	50,9/51,0	50,95		
	53,1/53,2	53,15		
	52,9/53,0	52,95		

Tabelle 6:

A 43	47,8/47,8	47,8	231,10	46,22
	45,0/45,0	45,0		
	46,8/46,9	46,85		
	45,0/45,0	45,0		
	46,5/46,4	46,45		
A 44	50,0/50,1	50,05	236,75	47,35
	49,8/49,8	49,8		
	45,7/45,6	45,65		
	46,3/46,3	46,3		
	44,9/45,0	44,95		
A 45	45,9/45,8	45,85	225,15	45,05
	43,4/43,9	43,65		
	45,3/45,2	45,25		
	44,3/44,3	44,3		
	46,2/46,0	46,1		
A 46	55,7/55,8	55,75	281,80	56,36
	55,4/55,3	55,35		
	55,8/55,8	55,8		
	58,2/58,3	58,25		
	56,7/56,6	56,65		
A 47	40,2/40,2	40,2	210,70	
	40,3/40,2	40,25		
	43,0/43,1	43,05		
	43,9/43,9	43,9		
	43,2/43,4	43,3		

Fortsetzung Tabelle 6:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonalen	GESAMT- MITTEL- WERT
A 48	48,9/49,1	49,0	233,85	46,77
	46,3/46,5	46,4		
	48,0/48,0	48,0		
	43,4/43,5	43,45		
	47,0/47,0	47,0		
A 49	45,1/45,3	45,2	239,80	47,96
	47,4/47,6	47,5		
	50,0/50,0	50,0		
	51,9/51,8	51,85		
	45,2/45,3	45,25		
A 50	46,8/46,8	46,8	239,40	47,88
	46,7/46,7	46,7		
	47,8/47,7	47,75		
	49,4/49,2	49,3		
	48,9/48,8	48,85		

Tabelle 7:

B 1	38,2/38,0	38,1	197,70	39,54
	39,1/39,0	39,05		
	38,5/38,7	38,6		
	40,0/40,0	40,0		
	41,9/42,0	41,95		
B 2	37,8/37,6	37,7	188,00	37,60
	38,0/38,0	38,0		
	36,9/37,0	36,95		
	37,1/37,3	37,2		
	38,1/38,3	38,15		
B 3	38,8/38,9	38,85	196,90	39,38
	38,9/39,0	38,95		
	40,0/40,0	40,0		
	39,0/40,0	39,95		
	39,2/39,1	39,15		

Fortsetzung Tabelle 7:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonalen	GESAMT- MITTEL- WERT
B 4	39,0/39,0	39,0	192,45	38,49
	38,9/38,7	38,8		
	38,2/38,1	38,15		
	37,9/38,0	37,95		
	38,6/38,5	38,55		
B 5	40,3/40,7	40,5	202,40	40,48
	40,8/40,5	40,65		
	39,9/40,1	40,0		
	41,2/41,3	41,25		
	40,0/40,0	40,0		
B 6	40,0/40,0	40,0	206,20	41,24
	41,8/42,0	41,9		
	40,9/41,0	40,95		
	41,3/41,5	41,4		
	42,0/41,9	41,95		
B 7	42,0/42,0	42,0	206,30	41,26
	41,9/42,0	41,95		
	40,9/41,0	40,95		
	41,2/41,0	41,1		
	40,3/40,3	40,3		
B 8	39,8/39,7	39,75	204,15	40,83
	41,2/41,1	41,15		
	41,3/41,5	41,4		
	41,0/41,0	41,0		
	40,9/40,8	40,85		

Tabelle 8:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonalen	GESAMT- MITTEL- WERT
B 9	40,1/40,3	40,2	207,50	41,50
	42,0/42,3	42,25		
	42,1/42,1	42,1		
	42,0/42,2	42,1		
	40,9/40,8	40,85		
B 10	39,8/39,7	39,75	199,90	39,98
	40,1/40,1	40,1		
	38,9/39,0	38,95		
	41,2/41,3	41,25		
	39,9/39,8	39,85		
B 11	41,8/42,0	41,9	205,10	41,02
	41,5/41,3	41,4		
	41,0/41,0	41,0		
	40,9/41,0	40,95		
	39,9/39,8	39,85		
B 12	43,7/43,5	43,6	215,40	43,08
	43,1/43,0	43,05		
	42,9/43,0	42,95		
	43,0/43,2	43,1		
	42,8/42,6	42,7		
B 13	40,9/41,0	40,95	203,75	40,75
	40,3/40,5	40,4		
	40,2/40,4	40,3		
	41,0/40,9	40,95		
	41,0/41,3	41,15		
B 14	38,7/38,6	38,65	196,00	39,20
	39,9/39,5	39,7		
	38,9/40,0	38,95		
	39,8/39,5	39,65		
	39,1/39,0	39,05		

Fortsetzung Tabelle 8:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonalen	GESAMT- MITTEL- WERT
B 15	40,9/41,2	41,05		
	40,0/40,1	40,05		
	39,8/39,7	39,75	198,90	39,78
	38,9/39,0	38,95		
	39,2/39,0	39,1		
B 16	40,0/40,0	40,0		
	40,3/40,2	40,25		
	39,8/39,7	39,75	197,60	39,52
	38,9/39,0	38,95		
	38,7/38,6	38,65		

Tabelle 9:

B 17	39,8/39,6	39,7		
	38,5/38,7	38,6		
	38,0/38,0	38,0	196,80	39,36
	40,1/40,3	40,2		
	40,2/40,4	40,3		
B 18	38,2/38,0	38,1		
	38,0/38,0	38,0		
	37,9/38,0	37,95	190,20	38,04
	37,6/37,5	37,55		
	38,5/38,7	38,6		
B 19	39,9/40,0	39,95		
	41,2/41,3	41,25		
	40,3/40,5	40,4	202,50	40,50
	40,9/41,0	40,95		
	39,9/40,0	39,95		
B 20	39,0/39,0	39,0		
	40,1/40,3	40,2		
	38,9/39,0	38,95	195,00	39,00
	38,3/38,7	38,5		
	38,2/38,5	38,35		

Fortsetzung Tabelle 9:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonalen	GESAMT- MITTEL- WERT
B 21	39,8/40,0	39,9	197,80	39,56
	40,0/40,0	40,0		
	39,9/39,7	39,8		
	40,1/40,3	40,2		
	37,8/38,0	37,9		
B 22	39,8/39,7	39,75	198,75	39,75
	38,9/38,7	38,6		
	39,2/39,3	39,25		
	40,0/40,0	40,0		
	41,3/41,0	41,15		
B 23	39,8/40,0	39,9	198,20	39,64
	41,2/41,3	41,25		
	39,0/39,0	39,0		
	37,8/38,3	37,9		
	40,0/40,3	40,15		
B 24	37,6/37,5	37,55	194,40	38,88
	38,0/37,9	37,95		
	39,1/39,2	39,15		
	38,9/39,0	38,95		
	40,9/40,7	40,8		

Tabelle 10:

B 25	40,6/40,5	40,55	198,60	39,72
	41,2/41,3	41,25		
	39,8/40,0	39,9		
	39,8/39,7	39,75		
	37,0/37,3	37,15		
B 26	40,6/40,5	40,55	207,75	41,55
	41,3/41,2	41,25		
	40,3/40,4	40,35		
	42,5/42,7	42,6		
	43,0/43,0	43,0		

Fortsetzung Tabelle 10:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonalen	GESAMT- MITTEL- WERT
B 27	39, 7/39, 8	39, 75	197, 95	39, 59
	39, 2/39, 2	29, 2		
	40, 1/40, 2	40, 15		
	40, 1/40, 3	40, 2		
	38, 7/38, 6	38, 65		
B 28	40, 0/40, 0	40, 0	200, 65	40, 13
	39, 8/39, 7	39, 75		
	39, 3/39, 5	39, 4		
	40, 3/40, 5	40, 4		
	41, 2/41, 0	41, 1		
B 29	43, 0/43, 0	43, 0	213, 55	42, 71
	41, 9/42, 0	41, 95		
	42, 0/42, 0	42, 0		
	43, 8/43, 7	43, 75		
	42, 9/42, 8	42, 85		
B 30	38, 7/38, 6	38, 65	191, 90	38, 38
	37, 9/38, 1	38, 0		
	38, 2/38, 3	38, 25		
	39, 0/39, 1	39, 05		
	37, 9/38, 0	37, 95		
B 31	38, 2/38, 4	38, 3	195, 50	39, 10
	39, 8/40, 0	39, 9		
	41, 2/41, 3	41, 25		
	38, 7/38, 3	38, 5		
	37, 6/37, 5	37, 55		
B 32	38, 2/38, 1	38, 15	191, 00	38, 20
	37, 6/37, 5	37, 55		
	37, 8/37, 7	37, 75		
	39, 2/39, 2	39, 2		
	38, 3/38, 4	38, 35		

Tabelle 11:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonalen	GESAMT- MITTEL- WERT
B 33	37,6/37,6	37,6	193,75	38,75
	38,2/38,0	38,1		
	37,9/37,7	37,8		
	39,8/40,0	39,9		
	40,3/40,4	40,35		
B 34	42,6/42,5	42,55	209,30	41,86
	41,9/41,7	41,8		
	41,5/41,3	41,4		
	41,3/41,7	41,5		
	42,0/42,1	42,05		
B 35	41,5/41,6	41,55	208,20	41,64
	40,3/40,1	40,2		
	43,8/43,8	43,8		
	41,9/41,7	41,8		
	40,8/40,9	40,85		
B 36	43,6/43,6	43,6	205,40	41,08
	38,9/39,0	38,95		
	39,1/38,9	39,0		
	40,1/40,3	40,2		
	43,5/43,8	43,65		
B 37	39,6/39,6	39,6	199,75	39,95
	38,9/39,0	38,95		
	40,0/40,0	40,0		
	40,4/40,4	40,4		
	40,9/40,7	40,8		
B 38	40,1/40,2	40,15	205,30	41,06
	41,3/41,5	41,4		
	42,1/42,1	42,1		
	40,9/40,8	40,85		
	40,9/40,7	40,8		

Fortsetzung Tabelle 11:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonalen	GESAMT- MITTEL- WERT
B 39	38,7/38,5	38,6	188,70	37,74
	37,2/37,0	37,1		
	36,8/37,0	36,9		
	38,1/38,2	38,15		
	37,9/38,0	37,95		
B 40	42,4/42,6	42,5	208,40	41,68
	41,9/42,0	41,95		
	41,8/41,6	41,7		
	42,0/42,1	42,05		
	40,1/40,3	40,2		

Tabelle 12:

B 41	40,0/40,0	40,0	206,35	41,27
	41,3/41,5	41,4		
	41,9/42,0	41,95		
	40,3/40,4	40,35		
	42,8/42,5	42,65		
B 42	38,0/38,0	38,0	187,25	37,45
	37,9/37,6	37,75		
	37,2/37,0	37,1		
	36,9/37,0	36,95		
	37,4/37,5	37,45		
B 43	40,0/40,0	40,0	201,10	40,22
	41,0/41,0	41,0		
	40,0/40,2	40,1		
	39,8/39,9	39,85		
	40,0/40,3	40,15		
B 44	35,6/36,0	35,8	179,30	35,86
	36,1/36,4	36,25		
	35,1/35,1	35,1		
	35,8/35,9	35,85		
	36,2/36,4	36,3		

Fortsetzung Tabelle 12:

Zahnstein- probe	Durchmesser der Diagonalen aus 5 Messungen	Mittelwerte d. Diagon.	Summe der Diagonalen	GESAMT- MITTEL- WERT
B 45	38,9/40,0	38,95	199,35	39,87
	40,1/40,2	40,15		
	41,3/41,4	41,35		
	39,1/39,2	39,15		
	39,7/39,8	39,75		
B 46	40,0/40,0	40,0	194,45	38,89
	38,9/39,0	38,95		
	37,9/38,0	37,95		
	38,2/38,4	38,3		
	39,1/39,4	39,25		
B 47	36,5/36,6	36,55	184,50	36,90
	38,2/38,1	38,15		
	38,1/38,1	38,1		
	35,9/35,8	35,85		
	35,9/35,8	35,85		
B 48	39,6/39,5	39,55	190,40	38,08
	39,0/39,0	39,0		
	37,6/37,4	37,5		
	38,2/38,3	38,25		
	36,1/36,1	36,1		

Tabelle 13:

B 49	38,8/38,8	38,8	185,95	37,19
	37,9/38,0	37,95		
	36,5/36,6	36,55		
	36,3/36,4	36,35		
	36,3/36,3	36,3		
B 50	40,0/40,0	40,0	197,00	39,40
	39,0/39,03	39,0		
	39,1/39,2	39,15		
	39,9/40,0	39,95		
	38,9/38,9	38,9		

Aus der schon früher erwähnten Formel

$$HV = \frac{1854,4 \cdot P}{d^2}$$

wurden die Härtewerte für die supragingivalen und die subgingivalen Zahnsteinproben errechnet.

P = Prüfkraft in Gramm = 75; d.h. jede Zahnsteinprobe wurde mit 75 Gramm belastet.

d = Länge der Eindrucksdiagonalen, gemessen in μ .

Die HV-Werte sind aus den folgenden Tabellen zu erkennen.

Tabelle 14

Zahnstein- probe	Geschl.	d = Gesamt- mittelwert	d ²	Vickertshärte HV(Kg/mm ²)	Alter (Jahre)
A 1	♀	43,07	1.855,0249	74,974	44
A 2	♀	41,91	1.756,4481	79,182	38
A 3	♂	50,42	2.542,1764	54,709	30
A 4	♂	40,61	1.649,1721	84,333	56
A 5	♂	49,60	2.460,1600	56,532	32
A 6	♂	42,28	1.787,5984	77,802	41
A 7	♂	46,75	2.185,5625	63,635	38
A 8	♀	42,05	1.758,2025	78,656	16
A 9	♂	47,17	2.225,0089	62,507	42
A 10	♀	--	-----	----	--
A 11	♀	--	-----	----	--
A 12	♀	44,68	1.996,3024	69,668	37
A 13	♀	49,97	2.497,0009	55,698	28
A 14	♂	49,30	2.430,4900	57,223	23
A 15	♂	49,64	2.464,1296	56,441	33
A 16	♂	42,96	1.845,5616	75,359	43
A 17	♀	44,33	1.965,1489	70,773	40
A 18	♀	47,19	2.226,8961	62,454	54
A 19	♂	--	-----	----	--
A 20	♂	48,49	2.351,2801	59,150	23
A 21	♂	52,09	2.713,3681	51,257	27
A 22	♂	47,82	2.286,7524	60,819	34
A 23	♀	57,14	3.264,9796	42,597	69
A 24	♀	51,80	2.683,2400	51,832	27
A 25	♀	48,30	2.332,8900	59,617	40
A 26	♀	45,96	2.112,3216	65,842	39
A 27	♂	54,52	2.972,4304	46,789	30
A 28	♂	47,03	2.211,8209	62,880	49
A 29	♂	44,73	2.000,7729	69,513	42
A 30	♂	46,83	2.193,0489	63,418	74
A 31	♂	46,05	2.120,6025	65,585	31
A 32	♀	46,25	2.139,0625	65,019	62
A 33	♀	47,07	2.215,5849	62,773	47
A 34	♂	45,15	2.038,5225	48,225	23

Fortsetzung Tabelle 14:

Zahnstein- probe	Geschl.	d = Gesamt- mittelwert	d ²	Vickertshärte HV (Kg/mm ²)	Alter (Jahre)
A 35	♂	48,69	2.370,7161	58,665	27
A 36	♂	46,09	2.124,2881	65,471	44
A 37	♂	50,89	2.589,7921	53,703	45
A 38	♂	44,34	1.966,0356	70,741	56
A 39	♀	48,28	2.330,9584	59,666	57
A 40	♀	48,10	2.313,6100	60,113	54
A 41	♂	51,16	2.617,3456	53,137	26
A 42	♂	53,03	2.812,1809	49,456	62
A 43	♀	46,22	2.136,2884	65,103	44
A 44	♀	47,35	2.242,0225	62,033	48
A 45	♂	45,05	2.029,5025	68,529	64
A 46	♂	56,36	3.176,4496	43,784	24
A 47	♂	42,14	1.775,7796	78,320	28
A 48	♂	46,77	2.187,4329	63,581	54
A 49	♀	47,96	2.300,1616	60,465	38
A 50	♀	47,88	2.292,4944	60,667	29

Tabelle 15

B 1	♂	39,54	1.563,4116	88,959	57
B 2	♂	37,60	1.413,7600	98,375	54
B 3	♂	39,38	1.550,7844	89,683	30
B 4	♀	38,49	1.481,4801	93,879	21
B 5	♂	40,48	1.638,6304	84,875	42
B 6	♀	41,24	1.700,7376	81,776	27
B 7	♂	41,26	1.702,3876	81,697	41
B 8	♀	40,83	1.667,0889	83,426	24
B 9	♀	41,50	1.722,2500	80,754	16
B 10	♀	39,98	1.598,4004	87,011	61
B 11	♂	41,02	1.682,6404	82,655	23
B 12	♂	43,08	1.855,8864	74,939	37
B 13	♀	40,75	1.660,5625	83,754	30
B 14	♀	39,20	1.536,6400	90,509	28
B 15	♀	39,78	1.582,4484	87,889	48

Fortsetzung Tabelle 15:

Zahnstein- probe	Geschl.	d = Gesamt- mittelwert	d ²	Vickertshärte HV(Kg/mm ²)	Alter (Jahre)
B 16	♂	39,52	1.561,8304	89,049	23
B 17	♀	39,36	1.549,2096	89,774	35
B 18	♂	38,04	1.447,0416	96,113	49
B 19	♂	40,50	1.640,2500	84,791	43
B 20	♀	39,00	1.521,0000	91,439	44
B 21	♂	39,56	1.564,9936	88,869	27
B 22	♂	39,75	1.580,0625	88,021	25
B 23	♀	39,64	1.571,3296	88,511	62
B 24	♀	38,88	1.511,6544	92,005	69
B 25	♀	39,72	1.577,6784	88,154	35
B 26	♂	41,55	1.726,4025	80,560	56
B 27	♂	39,59	1.567,3681	88,737	44
B 28	♀	40,13	1.610,4169	86,362	62
B 29	♂	42,71	1.824,1441	76,243	42
B 30	♂	38,38	1.473,0244	94,417	74
B 31	♂	39,10	1.528,8100	90,972	30
B 32	♂	38,20	1.459,2400	95,309	27
B 33	♀	38,75	1.501,5625	92,623	31
B 34	♂	41,86	1.752,2596	79,371	56
B 35	♂	41,64	1.733,8896	80,212	26
B 36	♂	41,08	1.687,5664	82,414	26
B 37	♂	39,95	1.596,0025	87,142	62
B 38	♂	41,06	1.685,9236	82,494	27
B 39	♀	37,74	1.424,3076	97,647	48
B 40	♂	41,68	1.737,2224	80,058	64
B 41	♂	41,27	1.703,2129	81,657	24
B 42	♂	37,45	1.402,5025	99,165	28
B 43	♀	40,22	1.617,6484	85,976	43
B 44	♂	35,86	1.285,9396	108,154	39
B 45	♀	39,87	1.589,6169	87,492	33
B 46	♀	38,89	1.512,4321	91,957	65
B 47	♀	36,90	1.361,6100	102,143	52
B 48	♀	38,08	1.450,0864	95,911	29
B 49	♀	37,19	1.383,0961	100,557	38
B 50	♂	39,40	1.552,3600	89,592	38

Tabelle 16: Aufteilung des supragingivalen Zahnsteines
nach Alter und Geschlecht

Frauen			Männer		
A 8	-	16 Jahre	A 14	-	23 Jahre
A 24	-	27 Jahre	A 20	-	23 Jahre
A 13	-	28 Jahre	A 34	-	23 Jahre
A 50	-	29 Jahre	A 46	-	24 Jahre
A 12	-	37 Jahre	A 41	-	26 Jahre
A 49	-	38 Jahre	A 21	-	27 Jahre
A 2	-	38 Jahre	A 35	-	27 Jahre
A 26	-	39 Jahre	A 47	-	28 Jahre
A 17	-	40 Jahre	A 3	-	30 Jahre
A 25	-	40 Jahre	A 27	-	30 Jahre
A 43	-	44 Jahre	A 31	-	31 Jahre
A 1	-	44 Jahre	A 5	-	32 Jahre
A 33	-	47 Jahre	A 15	-	33 Jahre
A 44	-	48 Jahre	A 22	-	34 Jahre
A 18	-	54 Jahre	A 7	-	38 Jahre
A 11	-	54 Jahre	A 6	-	41 Jahre
A 40	-	54 Jahre	A 9	-	42 Jahre
A 39	-	57 Jahre	A 29	-	42 Jahre
A 10	-	61 Jahre	A 16	-	43 Jahre
A 32	-	62 Jahre	A 36	-	44 Jahre
A 23	-	69 Jahre	A 37	-	45 Jahre
21 weibliche Probanden			A 28	-	49 Jahre
			A 48	-	54 Jahre
			A 19	-	54 Jahre
			A 4	-	56 Jahre
			A 38	-	56 Jahre
			A 42	-	62 Jahre
			A 45	-	64 Jahre
			A 30	-	74 Jahre
			29 männliche Probanden		

Tabelle 17: Aufteilung der subgingivalen Konkreme
nach Alter und Geschlecht

Frauen			Männer		
B 9	-	16 Jahre	B 11	-	23 Jahre
B 4	-	21 Jahre	B 16	-	23 Jahre
B 8	-	24 Jahre	B 41	-	24 Jahre
B 6	-	27 Jahre	B 22	-	25 Jahre
B 14	-	28 Jahre	B 35	-	26 Jahre
B 48	-	29 Jahre	B 36	-	26 Jahre
B 13	-	30 Jahre	B 21	-	27 Jahre
B 33	-	31 Jahre	B 32	-	27 Jahre
B 45	-	33 Jahre	B 38	-	27 Jahre
B 17	-	35 Jahre	B 42	-	28 Jahre
B 49	-	38 Jahre	B 3	-	30 Jahre
B 25	-	39 Jahre	B 31	-	30 Jahre
B 43	-	43 Jahre	B 12	-	37 Jahre
B 20	-	44 Jahre	B 50	-	38 Jahre
B 15	-	48 Jahre	B 44	-	39 Jahre
B 39	-	48 Jahre	B 7	-	41 Jahre
B 10	-	61 Jahre	B 5	-	42 Jahre
B 23	-	62 Jahre	B 29	-	42 Jahre
B 28	-	62 Jahre	B 19	-	43 Jahre
B 47	-	62 Jahre	B 27	-	44 Jahre
B 46	-	65 Jahre	B 18	-	49 Jahre
B 24	-	69 Jahre	B 2	-	54 Jahre
22 weibliche Probanden			B 26	-	56 Jahre
			B 34	-	56 Jahre
			B 1	-	57 Jahre
			B 37	-	62 Jahre
			B 40	-	64 Jahre
			B 30	-	74 Jahre
			28 männliche Probanden		

Nach Errechnung der Härtewerte für die einzelnen Versuchsproben von supra-
gingivalem Zahnstein und subgingivalen Konkrementen, die aus den Tabellen
14 und 15 ersichtlich sind, wurde mit den 31 Zahnsteinpaaren (von 31 Patien-
ten gleichzeitig supragingivaler Zahnstein und subgingivale Konkreme) zur
statistischen Auswertung der Ergebnisse der "t-Test bei paarweiser Anordnung"
durchgeführt.

Dieser Test dient zur Prüfung der Nullhypothese, daß zwischen den Härtegraden
bei supragingivalem Zahnstein und subgingivalen Konkrementen kein Unter-
schied besteht. Für die Berechnung wurden folgende Zahlengrößen benutzt:

1. Die Differenz der einzelnen Härtewerte für subgingivalen und supragingi-
valen Zahnstein (d)
2. die Summe der Differenzen $(\sum d)^{+})$
3. die mittlere Differenz $\bar{d} = \frac{\sum d}{n}$
4. die Summe der Quadrate der Differenzen $(\sum d^2)$
5. wurde das Subtraktionsglied $\frac{(\sum d)^2}{n}$ von der Summe
der Quadrate der Differenzen
abgezogen.

$$S_{dd} = \sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}$$

6. Die Größe $S_d = \sqrt{\frac{S_{dd}}{n-1}}$ ist die Standardabweichung der Differenzen.
7. $S_{\bar{d}} = \frac{S_d}{\sqrt{n}}$ bezeichnet man als die Standardabweichung des Mittelwertes.
8. Die Größe t ist die eigentliche Prüfgröße, die unter Berücksichtigung von
n - 1 Freiheitsgraden mit dem Tabellenwert der t-Verteilung verglichen
wird.

$$t = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}}$$

- +) Die Summierung läuft immer über den Index i = 1, n

Als $S_{\overline{d}}$, d.h. als die Standardabweichung des Mittelwertes, die die Streubreite der Verteilung kennzeichnet, ergab sich der Wert 1,75. Der Prüfquotient t , der im Zähler die mittlere Differenz und im Nenner die Standardabweichung des Mittelwertes in Beziehung setzt, führte zu dem Ergebnis 15,217. Der Grenzwert bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% ($p = 0,01$) ist bei 31 Freiheitsgraden 2,744. Man kann also mit großer Sicherheit behaupten, daß die subgingivalen Konkremente härter sind als der supragingivale Zahnstein.

Die einzelnen Paare verteilen sich auf folgende Altersstufen:

1.	A 2	und	B 49	=	38 Jahre	x
2.	A 3	"	B 3	=	30 "	x
3.	A 6	"	B 7	=	41 "	x
4.	A 7	"	B 50	=	38 "	x
5.	A 8	"	B 9	=	16 "	o
6.	A 9	"	B 5	=	42 "	x
7.	A 13	"	B 14	=	28 "	o
8.	A 14	"	B 16	=	23 "	o
9.	A 16	"	B 19	=	43 "	x
10.	A 20	"	B 11	=	23 "	o
11.	A 21	"	B 21	=	27 "	o
12.	A 23	"	B 24	=	69 "	+
13.	A 24	"	B 6	=	27 "	o
14.	A 26	"	B 25	=	39 "	x
15.	A 27	"	B 31	=	30 "	x
16.	A 28	"	B 18	=	49 "	x
17.	A 29	"	B 5	=	42 "	x
18.	A 30	"	B 30	=	74 "	+
19.	A 32	"	B 47	=	62 "	+
20.	A 35	"	B 38	=	27 "	o
21.	A 36	"	B 27	=	44 "	x
22.	A 38	"	B 34	=	56 "	+
23.	A 41	"	B 36	=	26 "	o
24.	A 42	"	B 37	=	62 "	+
25.	A 43	"	B 20	=	44 "	x
26.	A 44	"	B 15	=	48 "	x
27.	A 45	"	B 40	=	64 "	+
28.	A 46	"	B 41	=	24 "	o
29.	A 47	"	B 42	=	28 "	o
30.	A 48	"	B 2	=	54 "	+
31.	A 50	"	B 48	=	29 "	o

o = unter 30 Jahren = 11 Paare
 x = von 30-50 Jahren = 13 Paare
 + = von 50-75 Jahren = 7 Paare

t-Test bei paarweiser Anordnung

- Tabelle 18 -

Lfd. Nr.	$X_1 = A$	$X_2 = B$	$d = X_2 - X_1$
1	79,18	100,56	21,38
2	54,71	89,68	34,97
3	77,80	81,70	3,90
4	63,64	89,59	25,95
5	78,66	80,75	2,09
6	62,51	84,88	22,37
7	55,70	90,51	34,81
8	57,22	89,05	31,83
9	75,36	84,79	9,43
10	59,15	82,66	23,51
11	51,26	88,87	37,61
12	42,60	92,00	49,40
13	51,83	81,78	29,95
14	65,84	88,15	22,31
15	46,79	90,97	44,18
16	62,88	96,11	33,23
17	69,51	84,88	15,37
18	63,42	94,42	31,00
19	65,02	102,14	37,12
20	58,67	82,49	23,82
21	65,47	88,74	23,27
22	70,74	79,37	8,63
23	53,14	82,41	29,27
24	49,46	87,14	37,68
25	65,10	91,44	26,34
26	62,03	87,89	25,86
27	68,53	80,06	11,53
28	43,78	81,66	37,88
29	78,32	99,17	20,85
30	63,58	98,38	34,80
31	60,67	95,91	35,24

Institut für Medizinische
 Statistik und Dokumentation
 der Universität Mainz

Thema:

Bearbeitet:

Gerechnet:

Datum:

Gepprüft:

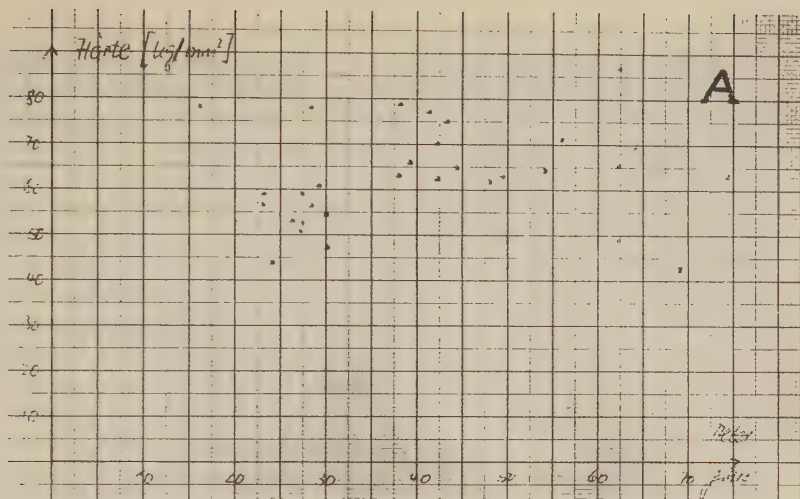


Abb. 4: Graphische Darstellung der Abhängigkeit von Härte und Alter beim supragingivalen (A) und subgingivalen (B) Zahnstein.

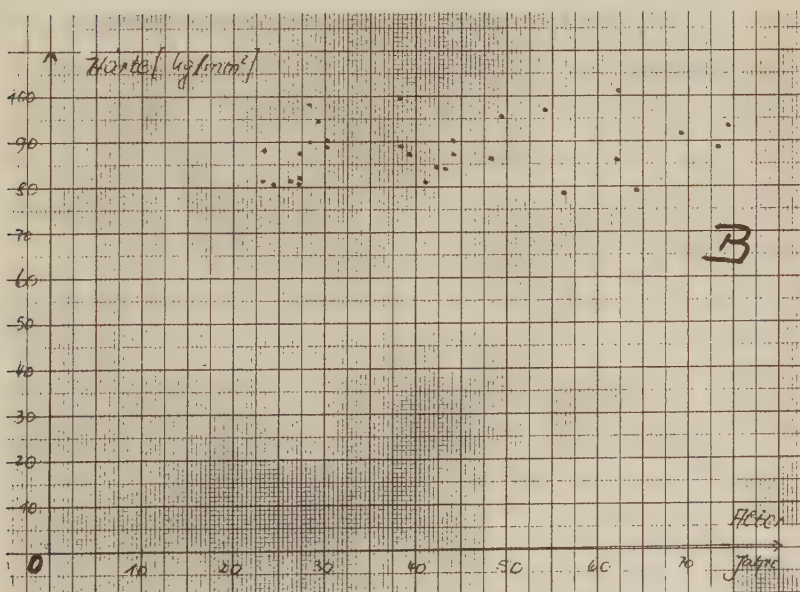


Abb. 5

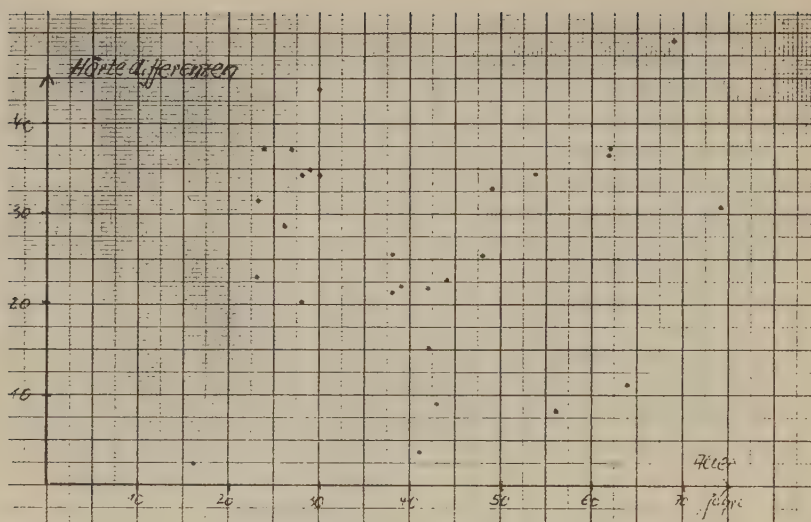


Abb. 6: Graphische Darstellung der Abhängigkeit zwischen Härte differenzen (= Differenz zwischen den Härte werten des supragingivalen Zahn - steins und den subgingivalen Konkrementen bei demselben Patien - ten) und Alter.

Fortsetzung Tabelle 18:

n = 31		$s_d = \sqrt{\frac{s_{dd}}{n(n-1)}} =$	1,75
		$t = \frac{\bar{d}}{s_d} =$	15,217
1	$\sum d$	825,58	
2	$\bar{d} = \frac{\sum d}{n}$	26,63	
3	$\sum d^2$	24844,63	
4	$\frac{(\sum d)^2}{n}$	21986,53	
	$s_{dd} = 3 \cdot 4$	2858,10	

D. DISKUSSION

Der Zahnstein ist Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Diese bewegen sich auf topographischem, bakteriologischem, mineralogischem, formal-genetischem und chemischem Gebiet. Die physikalischen Untersuchungen begnügen sich bisher mit allgemeinen Benennungen wie "hart", "weich" oder ähnlichem. Zur Abrundung des Bildes, das wir uns vom Zahnstein machen, fehlt eine physikalisch exakt faßbare Darstellung der Härteverhältnisse. Mit dem Kleinhärteprüfer "DURIMET" war die Möglichkeit gegeben, Objektgrößen wie sie im Mundbereich vorliegen, exakter zu bestimmen.

Als Grundvoraussetzung für die vorliegende Untersuchung wurde eine möglichst milieugetreue Verarbeitung des Zahnsteins angesehen, d.h. die Zeit von der Gewinnung des Zahnsteins bis zur Messung im DURIMET mußte kurz sein, wobei der Zahnstein in dieser Zeit keine Härteveränderungen durch Austrocknung erfahren durfte. Diesem Umstand wurde dadurch Rechnung getragen, daß von der Gewinnung bis zur Einbettung in Paladur nicht mehr als zwei Tage lagen. Für diese Zeit verblieb der Zahnstein in verschleißbaren Glasröhrchen, die mit dem Speichel des Patienten gefüllt waren. Die bei der Einbettung in den Kunststoff Paladur entstehende Reaktionswärme, die eventuell zur Veränderung des Zahnsteins hätte führen können, wurde dadurch auf ein Mindestmaß reduziert, daß die Kunststoffquader auf vorgekühlte 1 cm dicke Glasplatten gegossen wurden. Ein Entweichen von Speichel aus der Oberfläche des Zahnsteins war nicht möglich, da die Zahnsteinpartikel mit einer Pinzette unter die Kunststoffoberfläche gebracht wurden. Bei der Politur der Kunststoffquader wurde dann die Zahnsteinoberfläche freigelegt, wobei wiederum auf geringe Umdrehungszahl der zur Politur verwendeten Platten geachtet wurde, um hier die Reibungswärme so niedrig wie möglich zu halten.

Die Justierung des DURIMET erfolgte durch Dosenlibellen in der Horizontalen und Vertikalen, ebenso wie die Justierung des Untersuchungsobjektes im Objektschraubstock. Da der Eindruckvorgang des Diamanten in den Zahnstein möglichst erschütterungsfrei vor sich gehen muß, um scharfe Eindrücke zu erhalten, läuft dieser Teil des Versuches weitgehend automatisch ab. Lediglich der Beginn ist über einen Drahtauslöser zu beeinflussen. Der hochwertige optische Teil des Apparates gestattet eine Ablesegenauigkeit von $\pm 2 - 3\%$ beim Zahnstein.

Zur Ausmessung gelangten 100 Zahnsteinproben von 69 Patienten, wobei von 31 Patienten jeweils subgingivale Konkreme und supragingivale Zahnstein gleichzeitig gewonnen werden konnten. Bei jeder Zahnsteinprobe wurden 5 Ein-

drücke erzeugt und ausgemessen, also 500 Messungen durchgeführt. Altersmäßig wurde eine Streuung von 16 bis 74 Jahren erreicht. Beim supragingivalen Zahnstein war das Verhältnis männlich zu weiblich 29 : 21 und bei den subgingivalen Konkrementen 28 : 22 (siehe Tab. 16 und 17).

Auffallend in diesem Zusammenhang ist, daß sich bei der Untersuchung der errechneten Härtewerte keine Anhaltspunkte dafür ergeben, daß eine Abhängigkeit zwischen der Härte des Zahnsteins und dem Geschlecht der Probanden besteht. Wie die Tabellen 14 und 15 zeigen, scheinen auch keine eindeutigen Unterschiede in der Härte des Zahnsteins zwischen den verschiedenen Altersstufen bei demselben Geschlecht zu bestehen. Die höchsten und niedrigsten Werte liegen im Bereich von etwa $\pm 10\%$. Eindeutig hingegen sind die Unterschiede zwischen subgingivalen Konkrementen und supragingivalem Zahnstein. In der graphischen Darstellung (Abb. 4 und 5) der Härtewerte zeigt sich neben der fehlenden Abhängigkeit vom Alter des Patienten aber ganz deutlich, daß die Konkremeente den Durchschnitt ihrer Minima bei etwa 80 Kg/mm^2 haben (supragingivaler Zahnstein entsprechend bei etwa 45 Kg/mm^2) und ihre Maxima bei etwa 95 Kg/mm^2 (entsprechend etwa 75 Kg/mm^2 beim supragingivalen Zahnstein).

Es kann somit als erwiesen angesehen werden, daß der Härteunterschied zwischen beiden Zahnsteinarten etwa 30 Kg/mm^2 beträgt.

Da nach S. Koller (1964) eine objektive Beurteilung von Versuchsergebnissen ohne statistisches Prüfverfahren nicht denkbar ist und nach W. Schmidt (1961) ein statistischer Test das Endglied einer Analyse sein sollte, welche ein Zahlenmaterial in geeigneter Weise ordnet und zusammenfaßt, wurde nach Abschluß des experimentellen Untersuchungsteiles der "t-Test bei paarweiser Anordnung" durchgeführt. Er brachte das Ergebnis 15,217, d.h. die Differenz zwischen den Stichproben (d-Werte) wurde als signifikant nachgewiesen. Der im speziellen Falle errechnete hohe t-Wert entspricht einer hohen Sicherheit des Ergebnisses.

E. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden je 50 Proben von supragingivalem Zahnstein und subgingivalen Konkrementen von 69 Patienten beiderlei Geschlechts und im Alter von 16 - 74 Jahren in Bezug auf Härteunterschiede untersucht. Die Härte wurde mit dem Kleinhärteprüfer DURIMET bestimmt, nachdem die Zahnsteinproben in den Kunststoff Paladur eingebettet und auf Hochglanz poliert waren. Insgesamt 500 Einzelmessungen ergaben einen deutlichen Härteunterschied zwischen beiden Zahnsteinarten. Deutliche Unterschiede zwischen weiblichen und männlichen Zahnsteinproben wurden nicht gefunden. Ebenso traten bei Vergleichen zwischen verschiedenen Altersgruppen keine offensichtlichen Abweichungen auf. Das Ergebnis wurde statistisch mit dem "t-Test bei paarweiser Anordnung" kontrolliert und als in hohem Grade signifikant gefunden.

F. LITERATURVERZEICHNIS

- Barthels, H. A.: Bacterial Growth and Crystal Formation: a possible Factor in Calculus Formation.
J. dent. Res. 29, 436 (1950)
- Dewar, M. R. und G. J. Parfitt: An Investigation of the Physical properties of Saliva and their Relationship to the Mucin Content.
J. dent. Res. 33, 596-604 (1954)
- Glock, G. E. und M. M. Murray: Chemical Investigation of salivary Calculus. J. dent. Res. 17, 257-264 (1938)
- Heymann, E.: Der Zahnstein, seine Entstehung und Bekämpfung vom physikalisch-chemischen Standpunkt aus.
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 43, 834-839 (1925)
- Höhling, J. und E. und M. Wannenmacher: Über den Zahnstein I
Dtsch. Zahnärztebl. 16, 143-151 (1962)
- Höhling, H. J. und F. Güllenstern: Über den Zahnstein II
Morphologische Untersuchungen am Konkrement und Zahnstein
Dtsch. Zahnärztebl. 16, 704-709 (1962)
- Jensen, A. T. und M. Danø: Crystallography of Dental Calculus and the Precipitation of Certain Calcium Phosphates.
J. dent. Res. 33, 741-750 (1954)
- Kesel, R. G.: Future Development in Dental Research, aus:
The Survey of Dentistry
American Council on Education Washington 6 D. P. 1961,
S. 466-472
- Koller, S.: Statistische Auswertungsmethoden, in: Biochemisches Taschenbuch (II) 2. Aufl. Heidelberg 1964, S. 959-1046
- Lehr, W.: Die Nebenwirkungen der handelsüblichen Präparate und Tinkturen der supragingivalen Zahnauflagerungen auf den Schmelz unserer Zähne.
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 42, 56-61 (1939)
- Leitz, E.: Anleitung zum Arbeiten mit Kleinhärteprüfer DURIMET
Druck E. Leitz GmbH, Wetzlar 1959
- Leung, S. W. und A. T. Jensen: Factors Controlling the Deposition of Calculus. Int. dent. J. 8, 613-626 (1958)
- Mandel, I. D., Levy, B. M. und B. H. Wassermann: Histochemistry of Calculus Formation
J. Periodont. 28, 132-137 (1957)

- Martiny, A.: Entstehung und Bekämpfung der Konkrementbildungen an den Zähnen und in den Speicheldrüsenengängen.
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 42, 998-1002, 1045-1049 (1939)
- Mathis, H.: Die sogenannte Paradentose
Wien 1948, S. 265-273
- Miller, W. D.: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde
Leipzig 1903, S. 481-483
- Moral, H.: Einführung in die Klinik der Zahn- und Mundkrankheiten
Leipzig 1920, S. 165, 453-458
- Mühlemann, H. R. und U. K. Schneider: Early Calculus Formation.
Helv. odont. Acta 6, 22-25 (1959)
- Naeslund, C.: Formation of Salivary Calculi
Acta path. microbiol. Scand. 2, 244 (1925)
- Orban, B. J.: Parodontologie - 2. Aufl. Berlin 1965 S. 71-83
- Rebel, H. H.: Grundlagen und Probleme der klinischen Zahnheilkunde.
München 1954 S. 437-438
- Sachs, H.: Beiträge zur Kenntnis von Bildung des Zahnsteins und seiner Verhütung.
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 32, 113-124 (1914)
- Seifert, H.: Biokristallographie, ein junges Grenzgebiet.
Naturw. Rdsch. 14, (I) 7. (II) 60 (1961)
- Schmidt, W.: Anlage und statistische Auswertung von Untersuchungen.
Hannover 1961 S. 96-103
- Schneider, U.: Frühstadien des Zahnsteins, eine histologische Studie.
Med. Inaug. Diss. Zürich 1959, S. 5-24
- Schroeder, H. E., Lenz, H. und H. R. Mühlemann: Mikrostrukturen und Verkalkungsvorgänge im jungen Zahnstein.
Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 124 (1964)
- Schroeder, H. E.: Inorganic Content and Histology of Early Dental Calculus in Men. Helv. odont. Acta 7, 17-29 (1963)
- Schroeder, H. E., Müller, E. und H. R. Mühlemann:
The Influence of Fluoride and Phosphate Lozenges on Early Calculus Formation.
Helv. odont. Acta 7, 12-16 (1963)
- Schroeder, H. E., Marthaler, Th. M. und H. R. Mühlemann:
Effects of some Potential Inhibitors on Early Calculus Formation.
Helv. odont. Acta 6, 6-9 (1962)

- Traube, J., Skumburdis, K. und V. Goldberg: Beitrag zum Problem der Nierensteinbildung.
Münch. med. Wschr. 79, 1083-1085 (1932)
- Tonogai, K. und N. Sakuda: Studies on Dental Calculus by X-Ray Analysis. J. dent. Res. 36, 653 (1957)
- Urbantschitsch, E. H.: Zahnsteinbekämpfung mit Sulforicinoleat.
Wien. med. Wschr. 82, 1043-1046 (1932)
- Urbantschitsch, E. H.: Calculus dentalis supragingivalis (Genese, Pathologie und Therapie)
Öst. Z. Stomat. 31, 235-242, 372-384 (1933)
- Vahl, J., Höhling, H. J., Güllenstern, F. und E. Wannenmacher: Ein Beitrag zur elektronenoptischen und röntgenographischen Untersuchung supragingivaler Beläge auf Zahnfolien. III. Mitteilung
Dtsch. Zahnärztebl. 18, 1-8 (1964)
- Wannenmacher, M.: Über den Zahnstein. IV. Mitteilung
Dtsch. Zahnärztebl. 18, 63-66 (1964)
- Wolf, J.: Kalkbeläge und Zahnsteinbildung.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk. 10, 187, 261, 520 (1943/44)
- Wolf, Th.: Über die zahnsteinlösende und zahnsteinerweichende Wirkung verschiedener Zahnpasten.
Med. Inaug. Diss. Bonn 1921 S. 31-32
- Zander, H. A., Hazen, St. P. und D. B. Scott: Mineralisation of Dental Calculus.
Proc. Soc. exp. Biol. N. Y. 103, 257-260 (1960)

LEBENS LAUF

Ich wurde am 13.4.1937 als einzige Tochter des Medizinalrates Dr. Max Günther und seiner Ehefrau Irmela, geb. Handke, in Neumarkt/Schlesien geboren und auf den Namen Ingeborg getauft.

Nach fünfjährigem Volksschulbesuch in Lauenburg/Pommern und Großweil/Bayern besuchte ich in Stuttgart das Königin-Katharina-Stift. Im Jahre 1957 legte ich dort das Abitur ab.

Anschließend nahm ich das Studium der Zahnheilkunde in Heidelberg auf und bestand im Herbst 1962 in Mainz die zahnärztliche Vorprüfung. Nach fünf-semestrigem klinischem Studium bestand ich ebenfalls in Mainz das zahnärztliche Staatsexamen.

Seit dem 2.1.1966 bin ich in der Praxis meines Mannes als Assistentin tätig.

